



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 55 156 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
H 04 R 3/00
H 04 B 15/00

②① Aktenzeichen: 199 55 156.1
②② Anmeldetag: 17. 11. 1999
②③ Offenlegungstag: 21. 6. 2001

⑦① Anmelder:
Universität Karlsruhe, 76131 Karlsruhe, DE

⑦④ Vertreter:
Bartels & Partner, Patentanwälte, 70174 Stuttgart

⑦② Erfinder:
Kroschel, Kristian, Prof. Dr., 76337 Waldbronn, DE;
Riedlinger, Rainer, Dr., 76149 Karlsruhe, DE; Ihle,
Marc, Dr., 89077 Ulm, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

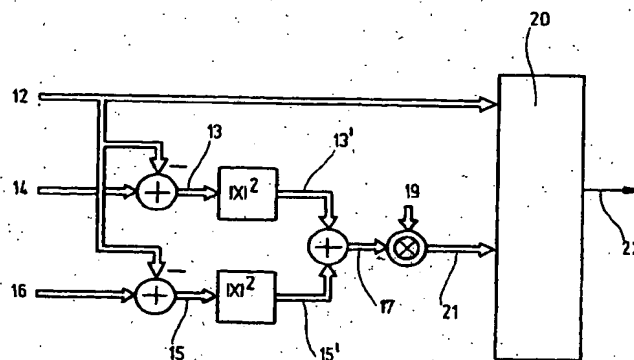
DE 196 50 410 C1
DE 44 45 983 C2
DE 43 07 688 A1
DE 42 43 831 A1
US 56 10 991

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Unterdrückung eines Störsignalanteils im Ausgangssignal eines Schallwandlermittels

⑤⑦ Verfahren zur Unterdrückung eines Störsignalanteils im Ausgangssignal eines Schallwandlermittels, das neben dem Störsignal ein Nutzsignal einer Nutzsignalquelle empfängt, durch Generierung einer Störsignalreferenz (21) und Spektralsubtraktion (20), dadurch gekennzeichnet, daß das Schallwandlermittel einen Druckgradientenaufnehmer (1) mit einem Empfindlichkeitsminimum, insbesondere einer Nullstelle der Empfindlichkeit, für einen vorgebbaren Raumwinkel aufweist und daß das Empfindlichkeitsminimum auf die Nutzsignalquelle ausgerichtet wird.



DE 199 55 156 A 1

DE 199 55 156 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterdrückung eines Störsignalanteils im Ausgangssignal eines Schallwandlermittels gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine zugehörige Vorrichtung zum Durchführen dieses Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 9.

Bekannte Verfahren zur Unterdrückung eines Störsignalanteils basieren zum Teil auf der Verwendung von sogenannten Richtmikrofonen. Dabei werden Schallwellen, die unter einem bestimmten Winkel eintreffen, bevorzugt in elektrische Signale umgewandelt. Bei sogenannten Interferenz-Mikrofonen wird Schall an mindestens zwei Orten entlang einer Mikrofon-Rohrachse abgegriffen, durch akustische Laufzeitglieder verzögert und anschließend voneinander subtrahiert. Nachteilig bei der Verwendung von Richtmikrofonen ist die feste axiale Vorzugsrichtung, die große Bauform und die negative Beeinflussung der Richtwirkung bei Einbau des Richtmikrofons in eine Oberfläche bzw. Grenzfläche.

Alternative Verfahren verwenden die sogenannte Spektralsubtraktion, bei der das Eingangssignal eines Mikrofons zunächst in Frequenzgruppen zerlegt und durch die zeitliche Abfolge der Beträge und Phasen der Frequenzgruppen repräsentiert wird. Mit einer Schätzung des Betrages des Störsignalanteils in jeder Frequenzgruppe, was der Bildung einer sogenannten Störreferenz entspricht, wird anschließend der Betrag jeder Frequenzgruppe des Gesamtsignals in Abhängigkeit vom Signal-/Rauschabstand innerhalb der Frequenzgruppe reduziert.

Die Signalanalyse kann beispielsweise mit Filterbänken, Wavelets oder mittels einer schnellen Fouriertransformation (FFT) erfolgen. Im Falle einer Wavelet-Transformation kann die Aufteilung des Eingangssignals in Frequenzgruppen entfallen. Die mittels Wavelet-Transformation generierten Teilsignale des Gesamtsignals werden nach dem nachfolgend als erfindungsgemäß beschriebenen Verfahren in Abhängigkeit vom Signal-/Rauschabstand der Teilsignale reduziert. Wavelet-Transformationen sind in Combes, J. M.; Grossman, A.; Tchamitchian, Ph.: Wavelets: Time-Frequency Methods and Phase Space, Berlin, Heidelberg, Springer-Verl. 1989 und in Daubechies, I.: Ten Lectures on Wavelets, SIAM, 1992 beschrieben.

In Steven F. Boll: Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Spectral Subtraction, in: IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing 27 (1979) Nr. 2, S. 113-120 wird der Störanteil geschätzt, indem der Betrag des gestörten Eingangssignals zu Zeiten festgehalten wird, zu denen kein Nutzsignal im Eingangssignal enthalten ist. Diese Schätzung wird bis zur nächsten Nutzsignalaufnahme als Störreferenz beibehalten. Daher steht nicht zu jeder Zeit eine aktuelle Störreferenz zur Verfügung.

Entsprechend kann das Verfahren nicht auf schnell veränderliche Stör Szenarien reagieren.

In Lange, K.: Praktischer Einsatz der Geräuschreduktion mit Hilfe von Mikrofonarrays, Karlsruhe, Universität Fridericiana, Diss., 1997 wird eine Störreferenz ermittelt, indem die Signale zweier Mikrofone über einen Entzerrer aneinander angeglichen und anschließend subtrahiert werden. Sofern das Nutzsignal kohärent in den beiden Mikrofonsignalen enthalten ist, läßt sich bei optimaler Entzerrung erreichen, daß das Signal nach der Subtraktion kein Nutzsignal enthält. Mit diesem Signal läßt sich anschließend die gesuchte Störreferenz schätzen. Derartige Verfahren besitzen eine Richtcharakteristik mit starken Nebenkeulen, die Empfindlichkeiten aufweisen, die in der Größenordnung der Hauptkeule liegen. Gerichtete Störsignalanteile aus einigen Raumrichtungen werden damit ungenügend gedämpft.

In Kuczynski, P. u. a.: Adaptive Mehrkanalgeräuschunterdrückung und Sprecherortung bei gestörten Sprachsignalen innerhalb geschlossener Räume, in: Deutsche Telekom, U.R.S.I., Kleinheubach, 1994, S. 369-378 (Kleinheubacher Berichte Band 38) wird eine mehrkanalige Spektralsubtraktion beschrieben, bei der direkt eine Kohärenzmessung zwischen den Mikrofonsignalen genutzt wird, um die Dämpfungsfunktion zu berechnen, mit der das Betragsspektrum des gestörten Eingangssignals reduziert wird. Dabei muß der Abstand zwischen den Mikrofonen groß gegenüber der akustischen Wellenlänge gewählt werden, da das mehrkanalige Spektralsubtraktionsverfahren unkorrelierte Störsignale in den Mikrofonsignalen verlangt. Bei Mikrofonabständen unterhalb der minimalen akustischen Wellenlänge sind die Störsignalanteile korreliert, so daß sich bei Subtraktion der Signale keine verwertbare Störreferenz ergibt.

Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Unterdrückung eines Störsignalanteils im Ausgangssignal eines Schallwandlermittels bereitzustellen, welche die Nachteile des Standes der Technik überwinden. Insbesondere soll das Verfahren eine zuverlässige und hochwirksame Unterdrückung des Störsignalanteils gewährleisten und die Richtwirkung in einen beliebigen Raumwinkel ausgerichtet werden können. Die zugehörige Vorrichtung soll insbesondere hinsichtlich der Schallwandlermittel kompakt sein und diese sollen in eine Oberfläche im wesentlichen bündig einbaubar sein.

Das Problem ist durch das im Anspruch 1 bestimmte Verfahren und die im Anspruch 9 bestimmte Vorrichtung gelöst. Besondere Ausführungsarten der Erfindung sind in den Unteransprüchen bestimmt.

Das Problem ist gelöst durch ein Verfahren zur Unterdrückung eines Störsignalanteils im Ausgangssignal eines Schallwandlermittels, das neben dem Störsignal ein Nutzsignal einer Nutzsignalquelle empfängt, durch Generierung einer Störsignalreferenz und Spektralsubtraktion, dadurch gekennzeichnet, daß das Schallwandlermittel einen Druckgradientenaufnehmer mit einem Empfindlichkeitsminimum, insbesondere eine Nullstelle der Empfindlichkeit, für einen vorgebbaren Raumwinkel aufweist und daß das Empfindlichkeitsminimum auf die Nutzsignalquelle ausgerichtet wird.

Der Druckgradientenaufnehmer kann dabei durch einen Druckgradientenempfänger, ein Array aus Druckgradientenempfängern bestehend aus mindestens zwei Druckgradientenempfängern, deren Empfindlichkeitsminimum jeweils in Richtung des Nutzsignals ausgerichtet ist, oder durch ein Array aus Druckempfängern, die eng benachbart zueinander angeordnet sind, bereitgestellt werden. Durch Subtraktion der vorzugsweise entzerrten Mikrofonsignale wird der Druckgradient in Richtung der Verbindungslinie der beiden Druckempfänger aufgenommen. Durch die Subtraktion der Signale der beiden Druckempfänger ist ein Druckgradientenempfänger nachgebildet. Ein typisches Beispiel für einen Druckempfänger ist ein Mikrofon mit einer Kugelcharakteristik, d. h. ohne Richtwirkung. Das Signal des Druckgradientenaufnehmers, insbesondere das durch Subtraktion der vorzugsweise entzerrten Mikrofonsignale gewonnene Signal, weist einen kleinen Raumwinkelbereich mit einem Empfindlichkeitsminimum auf, der so gelegt werden kann, daß das Nutzsignal abgeschwächt wird, insbesondere vollständig unterdrückt wird. Werden zwei Mikrofonpaare verwendet, deren Verbindungslinien beispielsweise einen Winkel mit einem Vielfachen von 30°, insbesondere 90° oder 120°, einschließen und die in einer Fläche, insbesondere einer Grenzfläche liegen, die eben oder beliebig gekrümmt sein kann, so kann der Raumwinkelbereich derart eingeschränkt werden, daß nur noch in ei-

ner einzigen Raumrichtung ein Empfindlichkeitsminimum auftritt. Dabei ist es möglich, eines der Mikrofone gemeinsam beiden Mikrofonpaaren zuzuordnen, so daß insgesamt minimal nur drei Mikrofone erforderlich sind. Die Grenzfläche kann beispielsweise durch das Armaturenbrett eines Kraftfahrzeuges gebildet sein. In vorteilhafter Weise bleibt die Richtcharakteristik des Druckgradientenaufnehmers auch bei bündigem Einbau der Mikrofone in die Grenzfläche erhalten.

Der Druckgradientenaufnehmer liefert ein Referenzsignal, bei dem Störsignale aus allen Raumrichtungen mit Ausnahme der Richtung zur Nutzsignalquelle aufgezeichnet werden. Mit diesem Referenzsignal steht zu jeder Zeit eine genaue Störreferenz zur Verfügung, mit der die Spektralsubtraktion durchgeführt wird. Bei Verwendung eines Arrays aus Druckempfängern, kann einer der Druckempfänger für die Wandlung des aus dem Störsignalanteil und dem Nutzsignalanteil zusammengesetzten Gesamtsignals verwendet werden. An die Stelle der akustischen Verzögerung der Eingangssignale zur Phasenanpassung, wie sie bei den Richtmikrofonen verwendet wird, tritt eine Verzögerung durch elektronische Verzögerungsmittel, insbesondere Speicher. Dadurch ist die Vorzugsrichtung des Druckgradientenaufnehmers durch die Verarbeitung der elektrischen Signale einstellbar, ohne daß der Druckgradientenaufnehmer in seiner räumlichen Lage verändert werden muß. Dadurch kann die erfindungsgemäße Vorrichtung in eine Oberfläche integriert werden und die Richtwirkung in beliebiger Raumrichtung ausgebildet werden. Vorteilhaft ist weiterhin, daß die Richtwirkung mit zunehmendem Winkelabstand von der Vorzugsrichtung monoton abnimmt und insbesondere keine Nebenmaxima aufweist. Sind mehrere Nutzsignale vorhanden, so kann mit nur einer Mikrofonanordnung und durch mehrfache Auswertung der Signale jede Nutzsignalrichtung getrennt ausgewertet werden. Je nach Anwendung können die Ausgangssignale anschließend getrennt verwertet oder zusammengeführt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung sind beispielsweise in Freisprecheinrichtungen, Hörhilfen und Raumüberwachungseinrichtungen anwendbar. Bei einer Freisprecheinrichtung in einem Konferenzraum, bei der mehrere Nutzsignalquellen in Form von um einen Tisch herum sitzenden Personen vorhanden sind, läßt sich das Nutzsignal jeder Person getrennt von den weiteren Nutzsignalen aufnehmen, wenn lediglich eine erfindungsgemäße Vorrichtung in der Mitte des Tisches plaziert ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden nicht die statistischen Eigenschaften der Eingangssignale zur Trennung von Nutz- und Störsignalanteilen, sondern die Einfallrichtung der auf den Druckgradientenaufnehmer eintreffenden Wellenfronten ausgenutzt. Dies führt insbesondere dann zu besonders guten Ergebnissen, wenn die Nutzsignalquelle im wesentlichen als eine Punktquelle angenommen werden kann und die Störsignale aus einer oder mehreren Schallquellen diffus eintreffen. Auch ein gerichtetes Störsignal läßt sich unterdrücken, sofern sich die Einfallrichtung des Störsignals von der des Nutzsignals unterscheidet.

Für die Spektralsubtraktion wird ein mehrkanaliges Verfahren angewendet, da einkanalige Verfahren nicht auf schnell veränderliche Störszenarien reagieren können. Bei der Zusammenführung der Signale des Druckgradientenaufnehmers werden die Betragsquadrate der in den Frequenzbereich transformierten Signale addiert, beispielsweise werden bei der Zusammenführung der Signale von Mikrofonen zunächst die Differenzen der in den Frequenzbereich transformierten Signale der Mikrofonpaare berechnet und anschließend die Betragsquadrate der Differenzen addiert. Da-

durch entsteht eine Richtwirkung der Gesamtanordnung, die in Richtung der Nutzsignalquelle ein Empfindlichkeitsminimum, insbesondere eine Nullstelle, aufweist und abweichend von dieser vorzugsweise eine monoton steigende Empfindlichkeit aufweist.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen jeweils ein Ausführungsbeispiel für das Verfahren und die Vorrichtung im einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein.

Fig. 1 zeigt in perspektivischer Ansicht einen erfindungsgemäßen Druckgradientenaufnehmer,

Fig. 2 zeigt ein Abarbeitungsschema für das erfindungsgemäße Verfahren, und

Fig. 3A bis 3C zeigen die Richtcharakteristik des Druckgradientenaufnehmers für vier verschiedene Ausrichtungen des Empfindlichkeitsminimums.

Die Fig. 1 zeigt in perspektivischer Ansicht einen erfindungsgemäßen Druckgradientenaufnehmer 1 mit einem ersten Mikrofonpaar mit zwei voneinander beabstandet angeordneten Mikrofonen 2, 4 und einem zweiten Mikrofonpaar mit zwei voneinander beabstandet angeordneten Mikrofonen 2, 6, wobei ein Mikrofon 2 gemeinsam für das erste und zweite Mikrofonpaar eingesetzt ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel liegen alle Mikrofone 2, 4, 6 in einer von der Verbindungslinie 3 des ersten Mikrofonpaares 2, 4 und der Verbindungslinie 5 des zweiten Mikrofonpaares 2, 6 aufgespannten ebenen Fläche. Die Verbindungslinien 3, 5 schließen einen Winkel γ von beispielsweise 90° ein. Die Mikrofone 2, 4, 6 liegen bündig in der von den Verbindungslinien 3, 5 aufgespannten Ebene. Der Abstand 8 der Mikrofone 2, 4 des ersten Mikrofonpaares stimmt im dargestellten Ausführungsbeispiel mit dem Abstand 9 der Mikrofone 2, 6 des zweiten Mikrofonpaares überein. Die Abstände 8, 9 sind kleiner als die halbe Wellenlänge der maximalen aufzunehmenden Frequenz. Andernfalls bildet sich eine in der Regel unerwünschte frequenzabhängige Richtcharakteristik mit Nebenkeulen aus. Mit abnehmenden Abständen 8, 9 werden auch die Differenzsignale des ersten und zweiten Mikrofonpaares geringer. Vorteilhafte Werte für die Abstände 8, 9 liegen bei der Aufnahme von Hörschall in Luft zwischen 0,1 und 10 cm, insbesondere zwischen 0,5 und 2,0 cm.

Aufgrund der Abstände 8, 9 wird durch die Subtraktion der Druckgradient des einfallenden Signals in Richtung der Achse gebildet, in der die beiden Mikrofone liegen. Das dargestellte Array aus Druckempfängern ist daher in der Lage, den Gradienten der einfallenden Schallwellen in zwei zueinander orthogonalen Raumrichtungen (X, Y) zu bestimmen. Die Verbindungslinie 3 des ersten Mikrofonpaares bestimmt dabei die Y-Richtung, und die Verbindungslinie 5 des zweiten Mikrofonpaares bestimmt die X-Richtung.

Werden die Signale der Mikrofone 2, 4, 6 nicht durch Laufzeitglieder und/oder Entzerrer verzögert, ergibt sich für das zweite Mikrofonpaar mit den Mikrofonen 2, 6 die in der Fig. 3A dargestellte Richtcharakteristik. Aufgrund des Einbaus der Mikrofone 2, 4, 6 in eine ebene Grenzfläche, ist die Richtwirkung auf den Winkelbereich $0 \leq \vartheta \leq \pi/2$ begrenzt. In entsprechender Weise ergibt sich für das erste Mikrofonpaar mit den Mikrofonen 2, 4 die in der Fig. 3B dargestellte Richtcharakteristik. Durch Kombination entsteht die Gesamt-Richtcharakteristik des Druckgradientenaufnehmers mit einem Empfindlichkeitsminimum, insbesondere einer Nullstelle, in der mit der X- und Y-Achse einen rechten Winkel einschließenden Z-Achse gemäß Fig. 3C. Die in der Fig. 3C dargestellte Gesamt-Richtcharakteristik

ist insbesondere unabhängig von einer in der X-/Y-Ebene aufgespannten Grenzfläche liegenden Einfallrichtung, die mit der Y-Achse den Winkel φ einschließt, sondern lediglich abhängig von dem Winkel ϑ , der zwischen einer Einfallrichtung und der Z-Achse eingeschlossen ist.

Werden die Signale der Mikrofone 4, 6 durch Laufzeitglieder oder Entzerrer um geeignete Zeiten verzögert, neigt sich die Richtcharakteristik, so daß die Raumrichtung minimaler Empfindlichkeit in Richtung der Nutzsignalquelle einstellbar ist. Dies ist in den Fig. 4A bis C für die Werte $\vartheta = 0,2$ und $\varphi = \pi/12$ dargestellt. Der Winkel φ bezeichnet den von der senkrechten Projektion der Einfallrichtung in die X-/Y-Ebene und der Y-Achse eingeschlossenen Winkel. In entsprechender Weise zeigen die Fig. 5A bis C die Einstellung des Empfindlichkeitsminimums auf $\vartheta = 0,5$, $\varphi = \pi/12$ und die Fig. 6A bis C auf $\vartheta = \pi/2$ und $\varphi = \pi/12$. Die Fig. 3C, 4C, 5C und 6C zeigen auch, daß die Empfindlichkeit mit zunehmender Winkelfernung vom Empfindlichkeitsminimum monoton zunimmt. Sofern der Abstand 8, 9 zwischen den Mikrofonen 2, 4, 6 deutlich unter der halben minimalen Wellenlänge der zu verarbeitenden Schallwellen liegt, beispielsweise um den Faktor 0,2, führt dies zu einer weitgehenden Unabhängigkeit der Richtwirkung von der Frequenz.

Die Fig. 2 zeigt ein Abarbeitungsschema für das erfindungsgemäße Verfahren. Dabei wird das vorzugsweise entzerrte Signal 12 des ersten Mikrofon 2 unmittelbar der Spektralsubtraktion 20 zugeführt. Für die Berechnung der Störreferenz 21 wird zunächst die Differenz 13 aus dem vorzugsweise entzerrten Signal 14 des zweiten Mikrofon 4 des ersten Mikrofonpaares abzüglich des Signal 12 des ersten Mikrofon 2 gebildet. Entsprechend wird die Differenz 15 aus dem vorzugsweise entzerrten Signal 16 des zweiten Mikrofon 6 des zweiten Mikrofonpaares und dem Signal 12 des ersten Mikrofon 2 gebildet. Von diesen Differenzsignalen 13, 15 werden jeweils die Betragsquadrate 13', 15' der Spektren gebildet und zum Summensignal 17 addiert.

Durch die Entzerrung werden die Signale bezüglich ihrem Phasengang aneinander angeglichen. Dabei ist es möglich, auf die Entzerrung von höchstens einem der Signale zu verzichten. Vorzugsweise wird das Signal 12 nicht entzerrt. Es kann aber alternativ auch das Signal 14 oder das Signal 16 nicht entzerrt verwendet werden. Soll der Frequenzgang der Mikrofone oder der Raumakustik zusätzlich ausgeglichen werden, so sind alle Eingangssignale zu entzerren.

Zum Ausgleich der Frequenzabhängigkeit des Summensignals 17 erfolgt abschließend eine Frequenzgang-Korrektur durch Multiplikation mit dem Quadrat eines Filtervektors 19, der eine Funktion der Schallgeschwindigkeit, des Mikrofonabstands, der Abtastfrequenz und des Frequenzindex ist. Aufgrund der Multiplikation wird die Störreferenz 21 frequenzunabhängig. Beispielsweise werden durch den Filtervektor tiefe Frequenzen stärker angehoben als hohe Frequenzen. Durch einen vorgeschalteten Integrierer oder RC-Tiefpass können die Mikrofonensignale vorentzerrt sein. Dies ist dann bei der Wahl des Filtervektors zu berücksichtigen, um die Frequenzabhängigkeit der Differenzsignale 13, 15 und das daraus insbesondere bei Verwendung von Analog/Digital-Wandlern mit geringer Bitauflösung hervorgerufene Quantisierungsrauschen in den unteren Frequenzen, zu reduzieren oder gar zu eliminieren.

Aus dem Ausgangssignal 12 des ersten Mikrofon 2 und der Störreferenz 21 wird durch die Spektralsubtraktion 20 das Nutzsignal 22 ermittelt.

Die Entzerrung der Mikrofonensignale ist insbesondere beim Einsatz von Mikrofonen der unteren Qualitätsklasse empfehlenswert, da diese in der Regel große Toleranzen im Amplituden- und Phasengang aufweisen. Auch bei unbe-

friedigender Raumakustik oder akustisch ungünstiger Position der Mikrofone kann eine Entzerrung vorteilhaft sein. Durch den Entzerrer und/oder ein vorzugsweise einstellbares Laufzeitglied ist das Empfindlichkeitsminimum des Druckgradientenaufnehmers zudem auf die Position der Nutzsignalquelle ausrichtbar, ohne daß die räumliche Lage der Mikrofone verändert werden muß.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterdrückung eines Störsignalan-teils im Ausgangssignal eines Schallwandlermittels, das neben dem Störsignal ein Nutzsignal einer Nutzsignalquelle empfängt, durch Generierung einer Störsignalreferenz (21) und Spektralsubtraktion (20), dadurch gekennzeichnet, daß das Schallwandlermittel einen Druckgradientenaufnehmer (1) mit einem Empfindlichkeitsminimum, insbesondere einer Nullstelle der Empfindlichkeit, für einen vorgebbaren Raumwinkel aufweist und daß das Empfindlichkeitsminimum auf die Nutzsignalquelle ausgerichtet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckgradientenaufnehmer (1) ein erstes Mikrofonpaar mit zwei voneinander beabstandet angeordneten ersten Mikrofonen (2, 4) aufweist, und der Druckgradient in Richtung einer Verbindungslinie (3) des ersten Mikrofonpaares durch Subtraktion der vorzugsweise entzerrten Ausgangssignale der beiden Mikrofone (2, 4) gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckgradientenaufnehmer (1) ein zweites Mikrofonpaar mit zwei voneinander beabstandet angeordneten zweiten Mikrofonen (2, 6) aufweist, wobei eine Verbindungslinie (5) des zweiten Mikrofonpaares die Verbindungslinie (3) des ersten Mikrofonpaares schneidet, insbesondere die Verbindungslinien (3, 5) einen rechten Winkel (7) einschließen.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mikrofon (2) gemeinsam für das erste und das zweite Mikrofonpaar eingesetzt wird und daß alle Mikrofone (2, 4, 6) in einer Fläche, insbesondere einer Grenzfläche, liegen.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Betragsquadrate (13', 15') der in den Frequenzbereich transformierten Ausgangssignale der beiden Mikrofonpaare addiert werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausrichtung des Empfindlichkeitsminimums bei unveränderter Stellung des Druckgradientenaufnehmers durch vorzugsweise elektrische Laufzeitglieder und/oder Entzerrmittel erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend vom Empfindlichkeitsminimum mit zunehmendem Abstand vom Raumwinkel die Empfindlichkeit des Druckgradientenaufnehmers (1) monoton ansteigt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß für die Spektralsubtraktion (20) ein mehrkanaliges Verfahren eingesetzt wird.
9. Vorrichtung zur Unterdrückung eines Störsignalan-teils im Ausgangssignal eines Schallwandlermittels, mit dem neben dem Störsignal ein Nutzsignal einer Nutzsignalquelle empfangbar ist, mit Mitteln zur Generierung einer Störsignalreferenz (21) und Mitteln zur Spektralsubtraktion (20), dadurch gekennzeichnet, daß das Schallwandlermittel einen Druckgradientenaufnehmer (1) mit einem Empfindlichkeitsminimum, insbesondere einer Nullstelle der Empfindlichkeit, für ei-

nen vorgebbaren Raumwinkel aufweist und daß das Empfindlichkeitsminimum auf die Nutzsignalquelle ausrichtbar ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckgradientenaufnehmer (1) ein erstes Mikrofonpaar mit zwei voneinander beabstandeten angeordneten ersten Mikrofonen (2, 4) aufweist, und der Druckgradient in Richtung einer Verbindungslinie (3) des ersten Mikrofonpaares durch Subtraktion der vorzugsweise entzerrten Ausgangssignale der beiden Mikrofone (2, 4) bildbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckgradientenaufnehmer (1) ein zweites Mikrofonpaar mit zwei voneinander beabstandeten angeordneten zweiten Mikrofonen (2, 6) aufweist, wobei eine Verbindungslinie (5) des zweiten Mikrofonpaares die Verbindungslinie (3) des ersten Mikrofonpaares schneidet, insbesondere die Verbindungslinien (3, 5) einen rechten Winkel (7) einschließen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mikrofon (2) gemeinsam für das erste und das zweite Mikrofonpaar einsetzbar ist und daß alle Mikrofone (2, 4, 6) in einer Ebene liegen.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckgradientenaufnehmer (1) Mittel zum Addieren der Betragsquadrate der in den Frequenzbereich transformierten Ausgangssignale der beiden Mikrofonpaare aufweist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (8, 9) zwischen den Mikrofonen des ersten und zweiten Mikrofonpaares kleiner als die halbe Wellenlänge der höchsten auftretenden Frequenz in den erfaßbaren Stör- und Nutzsignalen ist, und vorzugsweise bei Hörschall in Luft zwischen 0,1 und 10 cm, insbesondere zwischen 0,5 und 2,0 cm, beträgt.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrofone (2, 4, 6) im wesentlichen bündig mit einer sie umgebenden Fläche, insbesondere einer Grenz- oder Oberfläche, abschließen.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Empfindlichkeitsminimum bei unveränderter Stellung des Druckgradientenaufnehmers (1) durch vorzugsweise elektrische Laufzeitglieder und/oder Entzerrmittel ausrichtbar ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Mittel für die Spektralsubtraktion (20) ein mehrkanaliges Verfahren zur Spektralsubtraktion (20) einsetzbar ist.

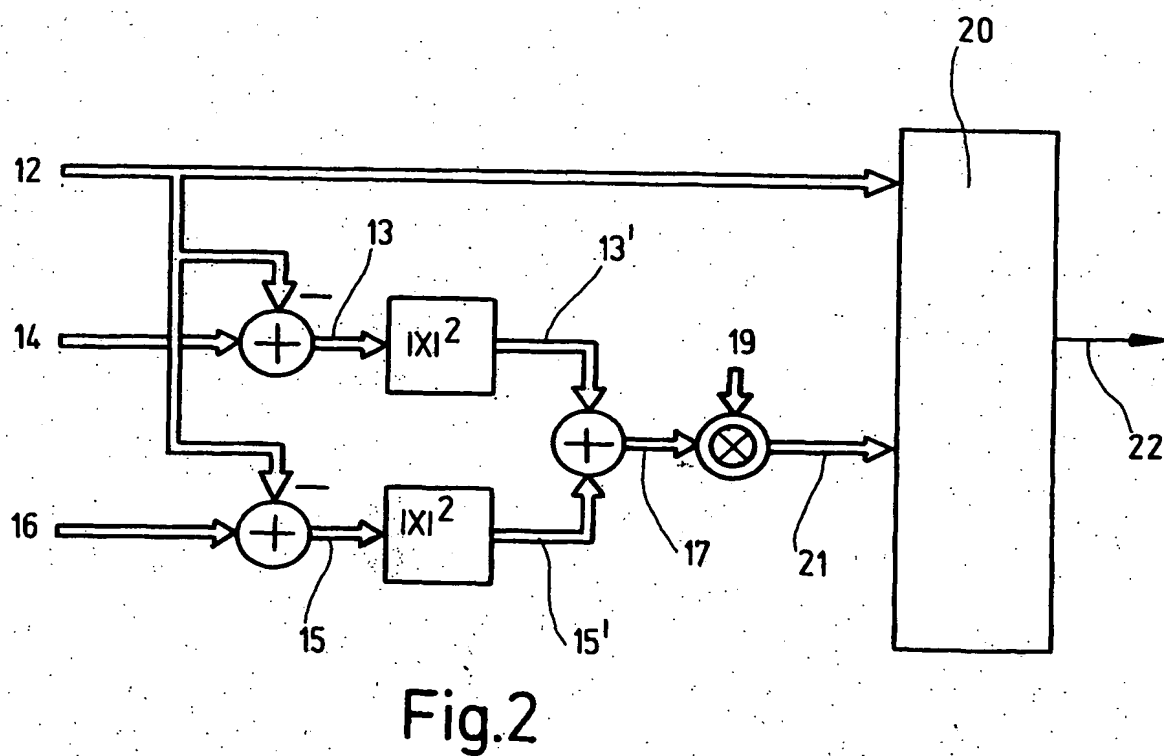
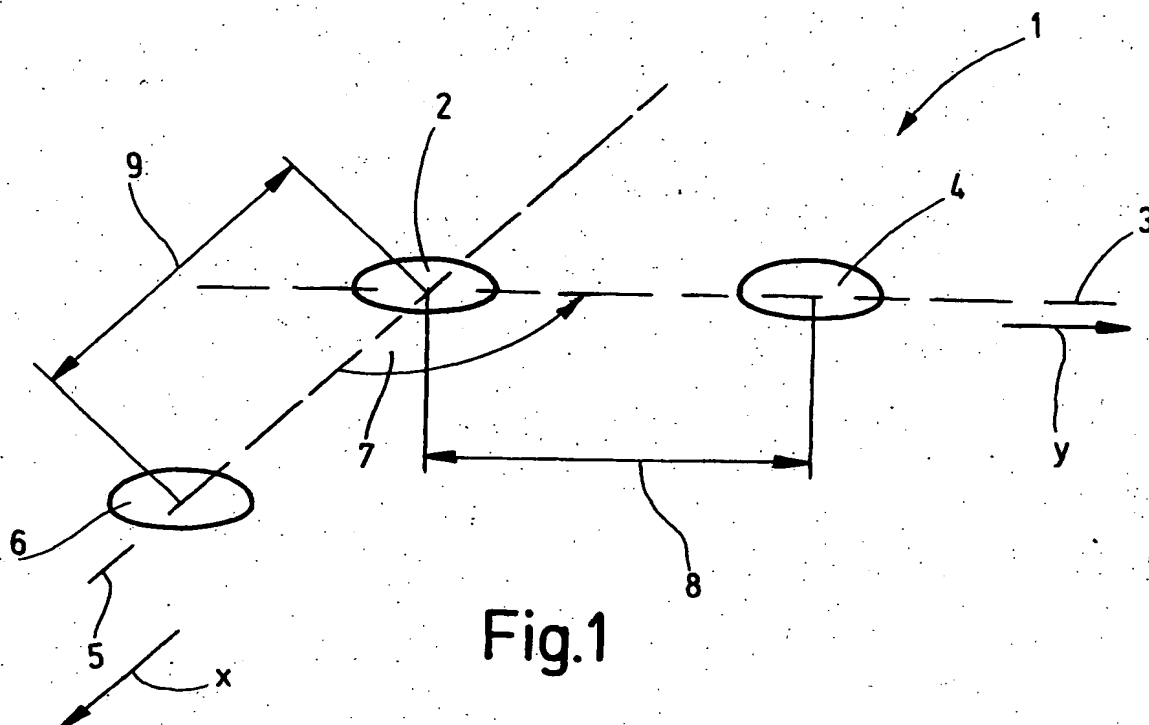
Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -



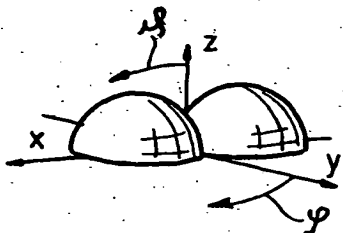
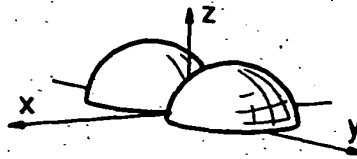
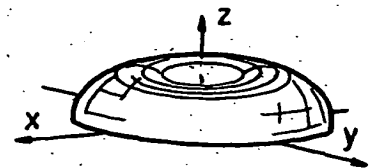


Fig. 3A



3B



3C

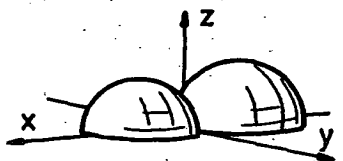
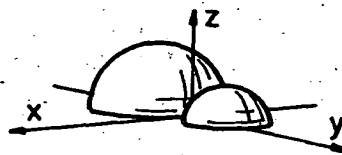
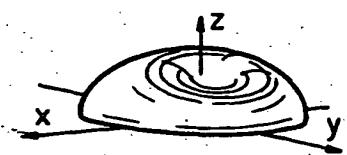


Fig. 4A



4B



4C

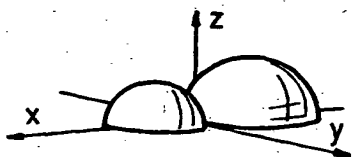
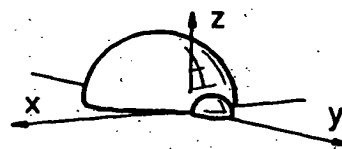
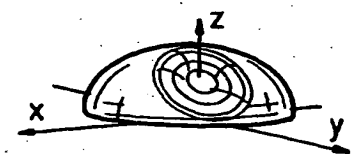


Fig. 5A



5B



5C

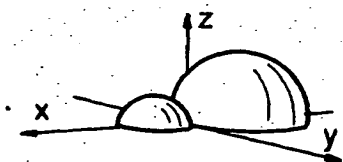
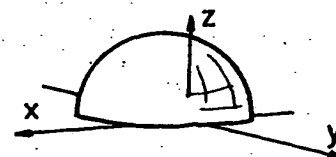
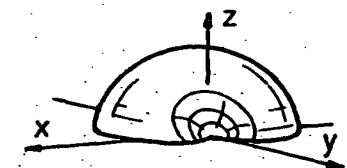


Fig. 6A



6B



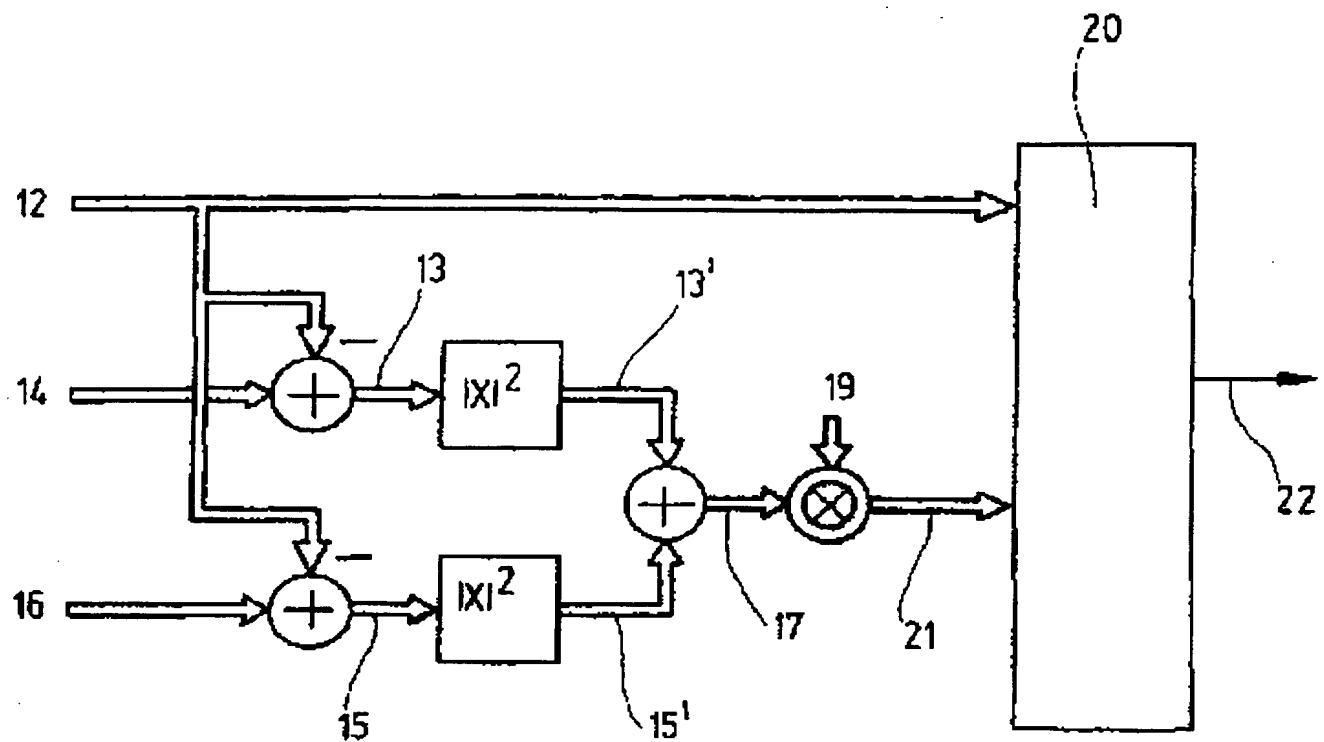
6C

BEST AVAILABLE COPY

AN: PAT 2001-572284
TI: Suppressing noise signal in sound transducer output
involves using transducer with pressure gradient sensor
sensitivity minimum for definable spatial angle aligned with
useful signal source
PN: EP1102243-A2
PD: 23.05.2001
AB: NOVELTY - The method involves generating a noise signal
reference and performing spectral subtraction (20). The sound
transducer has a pressure gradient sensor with a sensitivity
minimum for a definable spatial angle aligned with the useful
signal source. The noise signal reference (21) is generated
from the output signal of the pressure gradient sensor. The
sensitivity minimum can be a null sensitivity point. DETAILED
DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the
following: an arrangement for suppressing a noise signal in a
sound transducer output signal.; USE - For suppressing a noise
signal in the output signal of a sound transducer that receives
a useful signal as well as the noise signal. ADVANTAGE -
Overcomes certain disadvantages of conventional arrangements to
guarantee reliable and highly effective noise suppression and
enable alignment with any spatial direction. DESCRIPTION OF
DRAWING(S) - The drawing shows a working schema for a method of
suppressing a noise signal in the output signal of a sound
transducer spectral subtraction 20 noise signal reference 21
PA: (UYKA-) UNIV KARLSRUHE;
IN: IHLE M; KROSCHER K; RIEDLINGER R;
FA: EP1102243-A2 23.05.2001; DE19955156-A1 21.06.2001;
CO: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT;
LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; TR;
DR: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI;
LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; TR;
IC: G10L-021/02; H04B-015/00; H04R-003/00;
MC: W04-V05E;
DC: P86; W04;
FN: 2001572284.gif
PR: DE1055156 17.11.1999;
FP: 23.05.2001
UP: 07.11.2001

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BEST AVAILABLE COPY



THIS PAGE BLANK (USPTO)